

УДК: 539

ФУЛЕРЕНИ

студ. Щербань А., к.ф.-м.н., доц. Печерська-Громадська К.Ю.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В наш час все гостріше стає питання отримання матеріалів які мають особливі властивості або мають кращі властивості ніж існуючі аналоги. Існують тисячі, якщо не сотні тисяч технічних завдань які неможливо розв'язати використовуючи відомі сьогодні матеріали. Вирішити частину цих завдань можуть допомогти відомі в науковому світі, але маловідомі серед загальних мас, цікаві своїми властивостями молекули – фулерени.

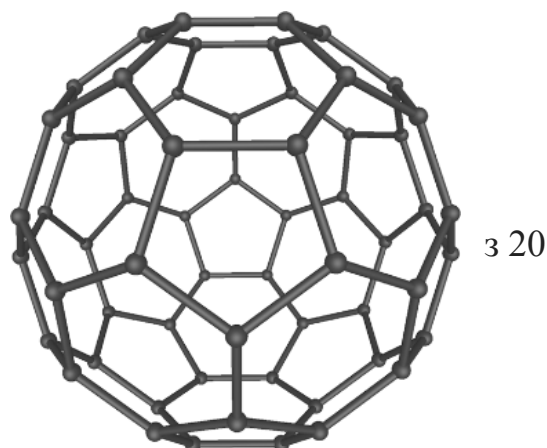
В 1985 році Гарольд Крото з Університету Сассекса та команда Джеймсона Райса з Університету Райсу виявили фулерени в залишках сажі, створених випаровуванням вуглецю в атмосфері гелію. У масовому спектрі продукту з'явилися дискретні піки, відповідні молекулам з масою 60 або 70 атомів вуглецю – C₆₀ і C₇₀ відповідно. Дані молекули дістали назву – фулерени, на честь відомого архітектора Бакмінстера Фулера (структура молекул подібна до структури куполів, які він популяризував)

Фулеренами, в загальному значенні поняття, називають молекули, які складаються найчастіше із атомів Вуглецю (C), з'єднаних за допомогою одинарних і подвійних зв'язків щоб утворити замкнуту або частково закриту сітку. Сітка складається з кілець, що в свою чергу складаються з 5-7 атомів. Молекула може мати вигляд порожнистої сфери, еліпсоїда, трубки, та багатьох інших форм та розмірів. Ізольований атомний шар Графіту (Графен) можна вважати крайнім членом цієї родини молекул.

Фулерени із закритою сітковою топологією неофіційно позначаються їх емпіричною формулою C_n (C – вуглець, n – кількість атомів вуглецю). Для одного значення n може існувати декілька ізомерів.

Існують 2 основні типи фулеренів, що мають чіткі властивості та сфери застосування: Закриті кульки та відкриті циліндричні нанотрубки (існують технології за допомогою яких з сфери можна «витягувати» трубки, з зовнішнім діаметром 0.7 нанометра та внутрішнім 0.5 нанометра. Існують також гібриди, наприклад нанотрубки закупорені півсферичними сітками.

Найпоширеніший фулерен природного походження – Бакмінстерфулерен (емпірична формула – C_{60}). Його структура являє собою усічений ікосаедр, що нагадує класичний футбольний м'яч, що складається шестикутників та 12 п'ятикутників. Діаметр молекули близько 1.1 нанометрів (нм). Молекула Бакмінстерфулерену має дві довжини зв'язку. Кільцеві зв'язки 6:6 між двома шестикутниками можна вважати подвійними, та коротші зв'язки 5:6 між п'ятикутником і шестикутником.



Використання фулеренів відкриває для нові можливості в електриці. Так введення фулеренів в метали навіть у невеликих частках (до 1.0 мас.%) суттєво (в деяких випадках в рази і на порядки) змінюють їх фізичні та фізико-хімічні властивості. Так, електричні властивості систем на основі фулеренів та металів керовано можуть змінюватися в широких межах (від 10^{-6} до 10^9 Ом·см). Їх електроопір істотно змінюється при зміні співвідношення числа атомів титану до числа молекул фулерену, що пов'язується з виникненням значних механічних напружень і спотворень решітки. Молекулярні кристали фулеренів – напівпровідники, однак легування твердого C_{60} невеликою кількістю лужного металу призводить до утворення матеріалу з металевою провідністю, який при низьких температурах переходить в надпровідник. Легування C_{60} виробляють шляхом обробки кристалів парами металу при температурах в декілька сотень градусів Цельсія. При цьому утворюється структура типу X_3C_{60} (X - атом лужного металу). Першим інтеркалірованим металом виявився калій. Перехід з'єднання K_3C_{60} в надпровідний стан відбувається при температурі 19К. Це рекордне значення для молекулярних надпровідників.

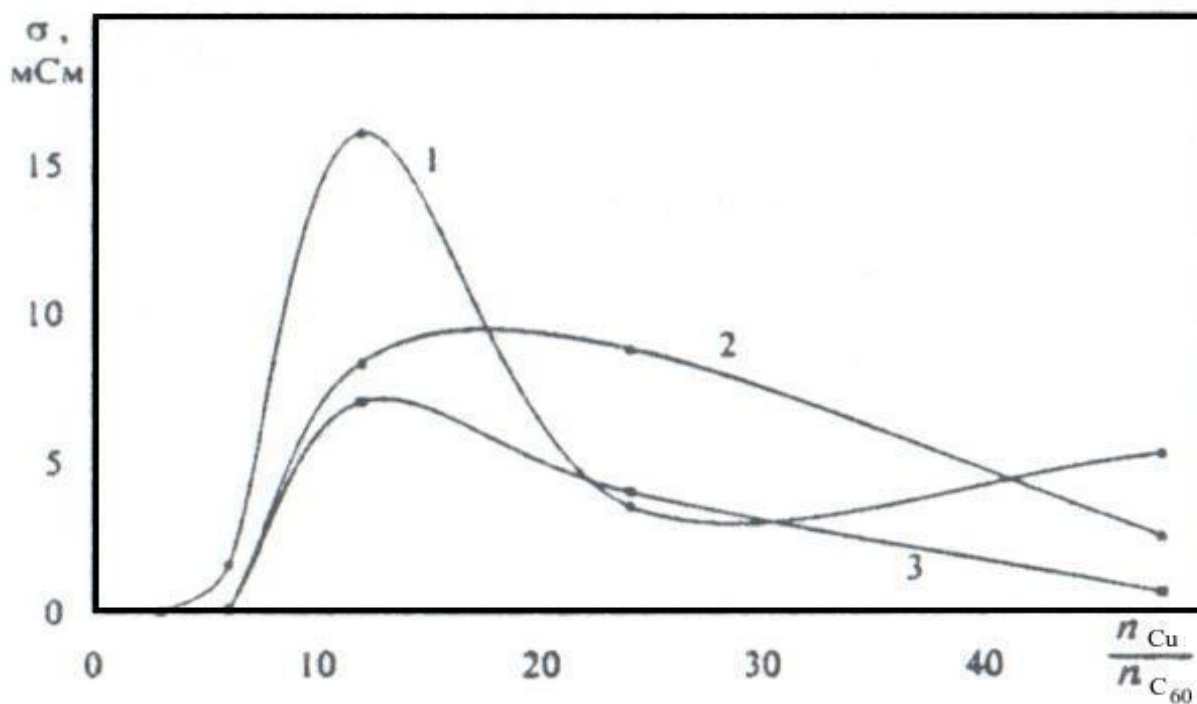
Чистий фулерит при кімнатній температурі являє собою ізолятор з забороненою зоною більше 2 еВ або власний напівпровідник з дуже низькою провідністю. Метал-фулеренові плівки можна сформувати з потрібним рівнем питомого електроопору металу та фулерену. Взаємодія молекул фулерену між собою та з атомами металу може призводити до виникнення упорядочених структур. Фазові включення можуть суттєво змінювати вид концентраційної залежості поточного опору.

Електричні властивості плівок з високою концентрацією фулеренів нестабільні. Електричний опір та температурний коефіцієнт опору однієї і тієї ж плівки може змінюватись з температурою та часом зберігання. Зміна електричних властивостей при зміні температури та пропусканні струму вказує на присутність як зворотніх так і незворотніх структурних змін при взаємодії плівок з навколишнім середовищем.

На рисунку зображено залежність електропровідності плівок Cu-C₆₀ на різних частотах змінного струму від розрахункової кількості атомів міді на молекулу фулерену. Електричний опір сплавів при вимірюванні при змінному струмі залежить від частоти що вказує на наявність ємнісної складової опору.

Список використаної літератури:

1. Hirsch, A.; Brettreich, M. Fullerenes: Chemistry and Reactions; WILEY-VCH



Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, 2005

2. Ефремкин А. Ф., Иванов В. Б., Романюк А. П., Шибанов В. В.

Структурные особенности диенстирольных термоэластопластов, модифицированных мономерами // Ж. ВМС. А. 1990. Т. 32. № 9, с. 1995–2001.

3. Елецкий А. В., Смирнов Б. М. Фуллерены и структуры углерода //

Успехи физических наук. — 1995. — № 9.